

10 класс

Справочная информация: Период вращения Земли – 23ч56мин04 сек

Период обращения Земли – 365, 256 суток

Сидерический (звездный) период обращения Луны – 27, 3217 суток

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Нм}^2/\text{кг}^2$.

1. В полдень 22 июня длина тени от заводской трубы высотой $H = 200$ м составила $d = 87$ м. Определите географическую широту города, считая, что он находится в северном полушарии Земли.

Решение: Полуденная высота Солнца $\text{tgh} = \frac{H}{d} = 2,3$, следовательно, $h = 66,5^\circ$.

Высота Солнца в верхней кульминации определяется по формуле: $h = 90^\circ - \varphi + \delta$, где склонение Солнца $\delta = \varepsilon \approx 23,5^\circ$, а φ – широта места наблюдения.

Откуда получим: $\varphi = 90^\circ - h + \varepsilon = 90^\circ - 66,5^\circ + 23,5^\circ = 47^\circ$

Ответ: $\varphi = 47^\circ$

Рекомендации жюри: Вычисление полуденной высоты Солнца оценивается в 2 балла. Запись формулы для высоты Солнца в верхней кульминации – 2 балла. Указание значения склонения Солнца – 2 балла. Выражение формулы для широты места наблюдения – 1 балл. Окончательные вычисления – 1 балл.

2. Исследователи решили совершить поездку на вездеходе вокруг небольшого астероида по его экватору. Определите минимальное время такого путешествия, учитывая, что вездеход не должен отрываться от поверхности астероида, иначе он рискует оказаться выброшенным на орбиту. Средняя плотность вещества астероида $\rho = 3500 \text{ кг/м}^3$. Форму астероида считать сферической.

Решение: Скорость движения не может превышать первой космической.

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{4\pi G\rho R^3}{3R}} = 2R\sqrt{\frac{\pi G\rho}{3}}$$
$$T = \frac{2\pi R}{v_1} = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}} = 6350 \text{ (с)} = 1 \text{ ч } 46 \text{ мин.}$$

Ответ: 1ч 46 мин.

Рекомендации жюри: Вывод о том, что скорость движения не может превышать первую космическую скорость – 1 балла. Вывод формулы для первой космической скорости – 3 балла. Вывод формулы для времени путешествия – периода - 3 балла. Верные вычисления – 1 балл.

3. В 2019 году исполняется 410 лет начала эры телескопической астрономии. В 1609 – 1610 гг. Галилео Галилей сделал ряд замечательных астрономических открытий с помощью собранного им самим телескопа. Эти первые телескопические открытия перевернули существовавшие тогда представления об устройстве мира. Назовите эти открытия. Какое из них и как именно свидетельствовало о справедливости гелиоцентрической системы мира Н. Коперника?

Ответ: Телескопические открытия Галилео Галилей: горы на Луне, 4 спутника Юпитера, фазы Венеры, пятна на Солнце, вращение Солнца вокруг оси, сложная структура Млечного Пути. Открытие фаз Венеры – открытие, свидетельствующее о справедливости гелиоцентрической системы мира. Наблюдаемые фазы Венеры не отвечают тем фазам, которые предсказывала геоцентрическая теория. С Земли нельзя наблюдать «полновенерие», т.е. когда Венера имеет вид полного круга. Характер смены фаз Венеры убедительно доказывал, что Венера вращается вокруг Солнца.

Рекомендации жюри: За каждое верное указание открытия – по 0,5 балла (0,5*6 = 3 балла). Верное название открытия, подтверждающего гелиоцентрическую систему мира - фаз Венеры – 2 балла. Указание того, что с Земли нельзя наблюдать «полновенерие» и это противоречит геоцентрической теории, но объясняется гелиоцентрической системой мира – оценивается в 3 балла.

4. Определите, сколько звездных суток и звездных месяцев содержит один звездный год. Дайте определение каждому понятию.

Ответ: Звездные сутки T_1 – это время, за которое Земля совершает один оборот вокруг своей оси относительно далёких звёзд. Вследствие орбитального движения Земли данный период несколько меньше солнечных суток. $T_1 = 23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 04^{\text{s}} = 0,99727$ солнечных суток.

Звездный месяц T_2 – период обращения Луны вокруг Земли относительно далёких звезд. Вследствие орбитального движения Земли звездный месяц меньше периода изменений лунных фаз и составляет $T_2 = 27, 3217$ солнечных суток.

Звездный год T_3 – период обращения Земли вокруг Солнца относительно далёких звезд. Его продолжительность составляет 365, 256 дня.

Исходя из этого, получаем число звездных суток N_1 и звездных месяцев N_2 в одном звездном году:

$$N_1 = \frac{T_2}{T_1} = 366,2559 \approx 366, 26; \quad N_2 = \frac{T_2}{T_2} = 13,3687$$

Рекомендации жюри: Определение звездных суток – 1 балл; определение звездного месяца – 1 балл; определение звездного года – 1 балл. Выражение продолжительности звездных суток от солнечных сутки – 1 балл. Верные окончательные вычисления – по 2 балла.

5. Известно, что от звезды 0^m за 1 секунду падает около 10^{10} фотонов на 1 м^2 площади, перпендикулярной лучу зрения. Оцените, сколько фотонов в секунду попадает в человеческий глаз от полной Луны. Звездную величину полной Луны принять равной – $12,5^m$. Диаметр зрачка принять равным 6 мм.

Решение: Известно, что поток света уменьшается в 100 раз при увеличении звездной величины на 5 и, соответственно, в 10 раз при увеличении на 2,5. Следовательно, поток света от полной Луны в $100 \cdot 100 \cdot 10 = 10^5$ раз больше, чем от звезды 0^m ($\Delta m = -12,5^m = -5^m - 5^m - 12,5^m$), т.е. составляет 10^{15} фотонов в секунду на квадратный метр. Зрачок человеческого глаза имеет ночью диаметр около 6 мм и площадь $S = \pi \cdot r^2 = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$. Таким образом, за 1 секунду в человеческий глаз попадает от полной Луны около $10^{15} \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} = 2,8 \cdot 10^{10}$ фотонов.

Ответ: $N = 2,8 \cdot 10^{10}$

Рекомендации жюри: Указание соотношения между световым потоком и звездной величиной оценивается в 3 балла. Определение потока света от полной Луны – 2 балла. Определение количества фотонов в секунду на квадратный метр – 1 балл. Определение площади зрачка – 1 балл. Определение числа фотонов – 1 балл.

6. Каковы бывают приливы и отливы в дни солнечных и лунных затмений?

Ответ: Во время новолуний и полнолуний (сизигий) солнечный и лунный приливы наступают одновременно, действия Луны и Солнца складываются, и наблюдается самый большой прилив. Поскольку во время солнечных и лунных затмений Луна и Солнце устанавливаются точно на одной прямой линии с Землей, то в эти дни наблюдаются максимально сильные, сизигийные приливы и отливы. Возможно, даже чуть более сильные, чем обычно.

Рекомендации для жюри: Понимание учащимися, что во время новолуния и полнолуния (сизигий) приливы и отливы сильнее, чем во время первой и последней четверти (так называемых квадратур) оценивается в 3 балла. Уточнение о том, что во время затмений Луна и Солнце устанавливаются точно на одной прямой линии с Землей – 2 балла; вывод о том, что это ведет к усилению сизигийных приливов – в 3 баллов.